

# 河道内の樹林化予測モデルの開発と 予防保全の考え方にもとづく 樹木管理への活用方策の検討 ～庄内川を事例として～

---

- ◆小田 洋平<sup>1</sup>・宮脇 成生<sup>1</sup>・荒木 隆<sup>1</sup>・葛西 直樹<sup>1</sup>・戸田 祐嗣<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> 株式会社建設環境研究所, <sup>2</sup> 名古屋大学大学院工学研究科  
(◆: 発表者)

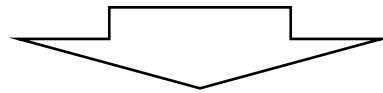
# はじめに

- 河道内樹木は、洪水流下能力の低下や河川環境保全など、治水面や環境面から適切な管理が求められており、伐採、除根等の対策が全国の河川で実施。
- 対象樹種（ヤナギ類、ハリエンジュ、タケ類等）の生育特性、再繁茂。
- 河川域の立地特性、地形変化（出水、人的な改変）。



# はじめに

- 気候変動による降雨量増加に伴い、河川の流量増大が懸念.
- 将来への影響を予め考慮する予防保全の考え方に基づく樹木の管理方策を導入.
- 予め、樹木が侵入・定着しやすい（しにくい）箇所を予測することが有効.



## 樹木分布を定量評価するモデル開発

(モデル)

力学的モデル

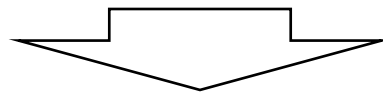
統計的モデル

(データ)

植生図 (河川水辺の国勢調査)

地形測量 (定期測量, LP)

流量, 水位

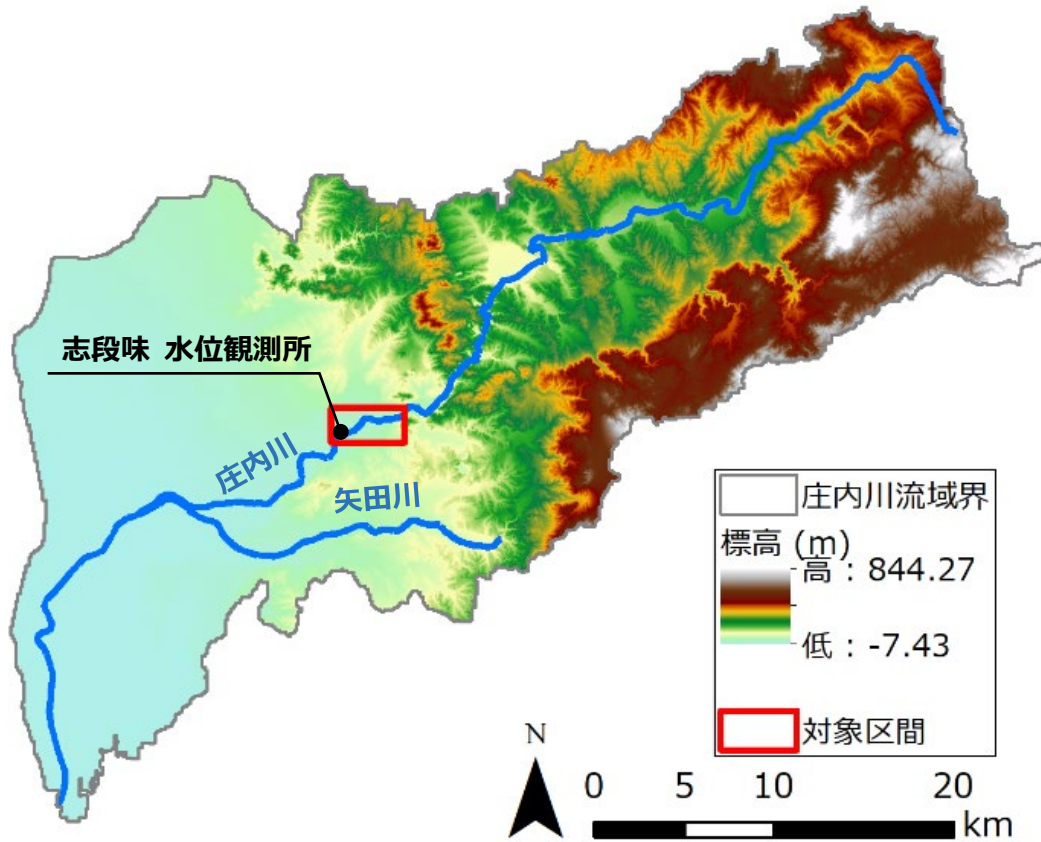


## 開発モデルを活用した樹木管理への活用方策の検討

# 方法

## (1) 対象河川・対象区間

- 愛知県，一級河川庄内川，中流部，河口から約35km付近.
- セグメント2-1，河床勾配1/540，代表粒径58mm，平均川幅200m程度.



# 方法

## (1) 対象河川・対象区間

R2.4撮影



H23.10撮影 (H23.9台風後)

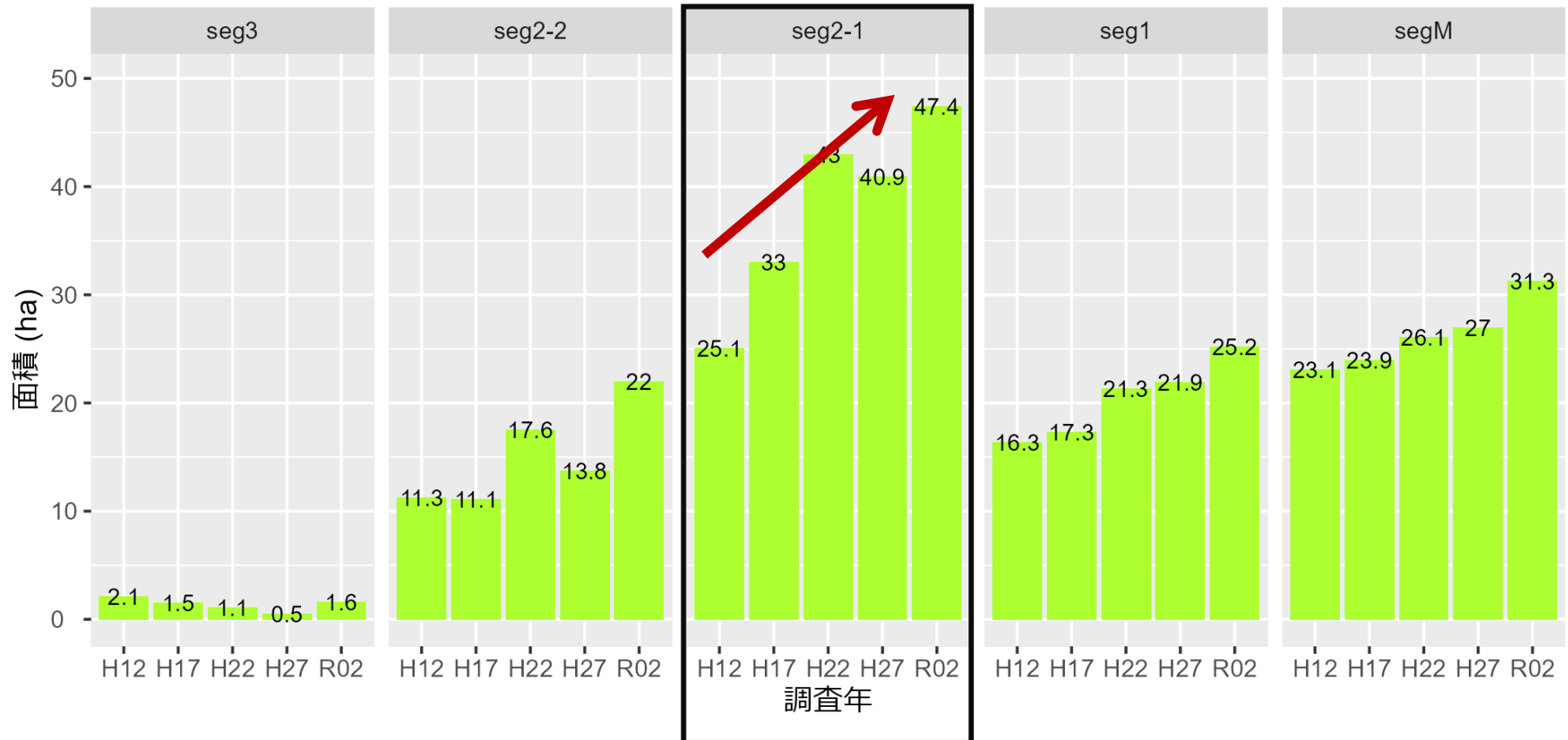


# 方法

## (1) 対象河川・対象区間

- 中流部では樹木面積が拡大傾向（ヤナギ類，タケ類等）。

セグメント別 樹林合計面積



庄内川の樹木面積の変遷（セグメント別）

# 方法

## (2) 使用データ

- 植生の分布に影響を与える要因として、かく乱の受けやすさ、土砂堆積・侵食を考慮するため、これらの指標となるデータを定量化.
- 今回検討では、「ヤナギ類」を対象.

### 使用データ（データセット）

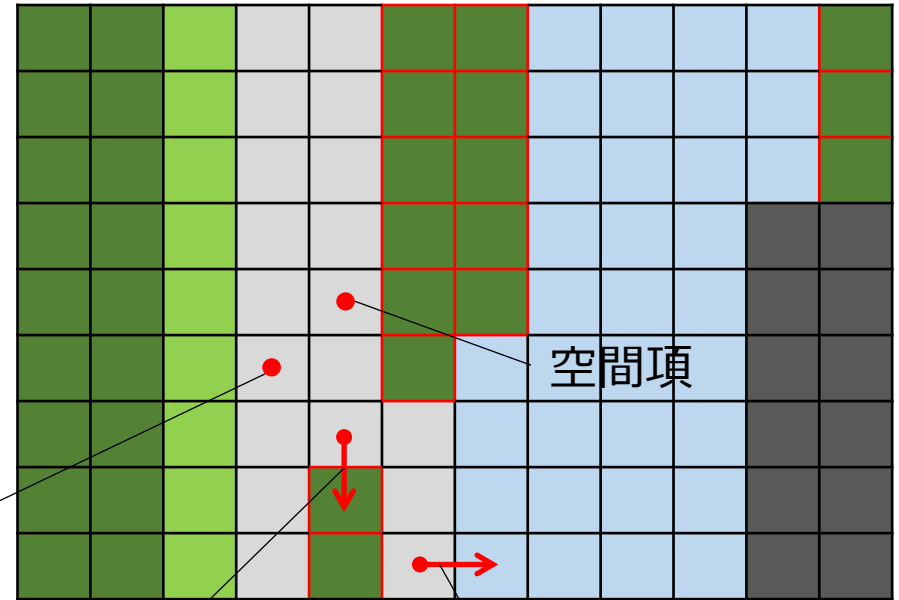
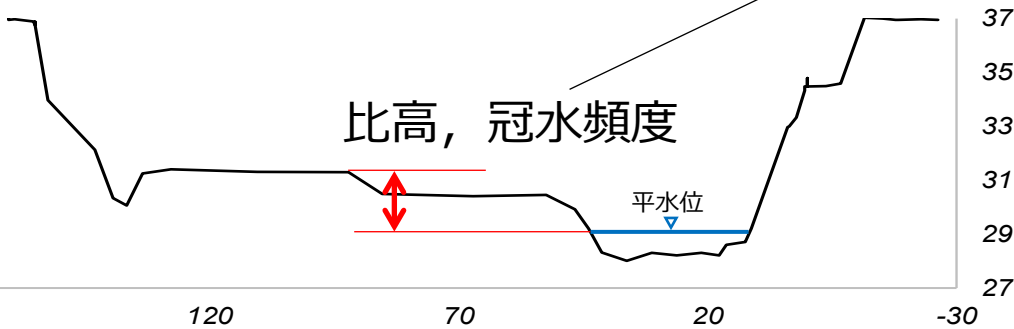
変数名（単位）	説明
植生（ヤナギ類）	目的変数（植生図を10mメッシュに変換し、あり/なしの2区分の属性を付与） ・ H22, 27, R2
比高（m）	対象期間の平水位に対する相対的な標高（標高－平水位） ・ モデル構築：地形：H23定期測量 水位：H23-27 ・ モデル予測：地形：H28定期測量, H28LP 水位：H28-R2
冠水頻度（回／年）	対象期間の冠水日数（対象期間の日最大水位が各メッシュ中心の標高値以上となった日数） ・ モデル構築：水位：H23-27 ・ モデル予測：水位：H28-R2
水面からの距離（m）	開放水面からの最短距離 ・ モデル構築：H22 ・ モデル予測：H27
同種群落からの距離（m）	ヤナギ類群落までの最短距離 ・ モデル構築：H22 ・ モデル予測：H27
地形変動量（m）	河床高変化（平面二次元解析結果より付与）
流速（m/s）	洪水時の最大流速（平面二次元解析結果より付与）
空間自己相関項* （x,y座標）	メッシュ中心のx, y座標（1～3次項） ※便宜上、座標値を正の値にするため以下の処理を実施。 x座標：(x + 40000)/10000, y座標(y+110000)/10000 )

# 方法

## (2) 使用データ



地形測量データ



水面からの距離

同種 (ヤナギ類) 群落からの距離

- メッシュ (10m格子),  $n=3,360$
  - 目的変数: 植生 (ヤナギ類)
  - 説明変数: 比高, 冠水頻度, 水面からの距離, 同種群落からの距離, 地形変動量, 水理量, 空間項
- ※基準年別にデータを作成



# 方法

## (2) 使用データ

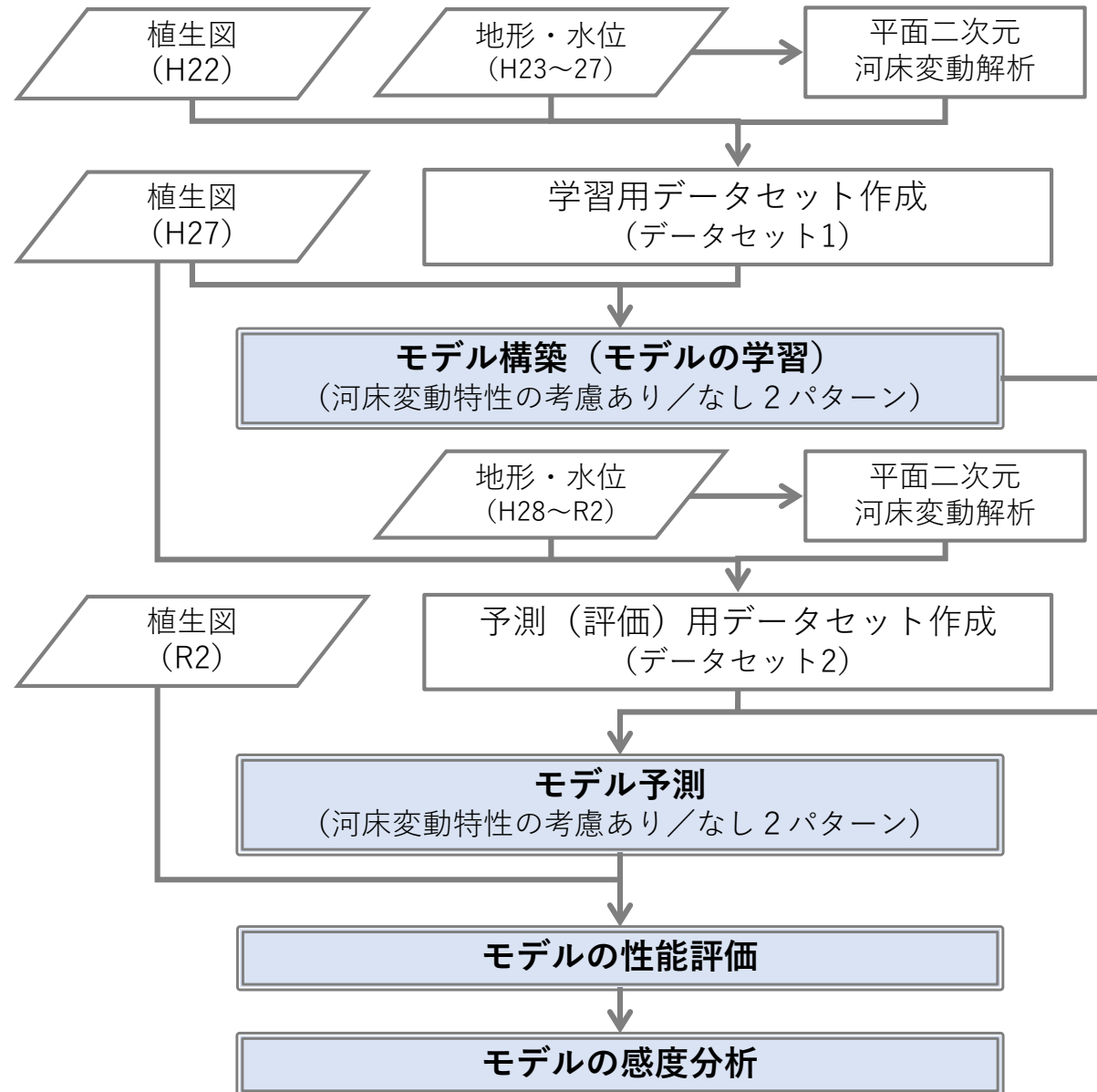
- 地形変動量，洪水時の水理量は，iRICの平面二次元流解析（Nays2DH）より付与.
- 植生図調査の間に発生した洪水を境界条件とし，実績洪水と地形変動との関連性について予備検討を実施.

水理解析モデルの設定条件

区分		設定
対象区間		庄内川 32～36k付近
河道条件	地形モデル	定期横断測量，航空LP（レーザプロファイラー）
	メッシュ分割	一般曲線座標による計算格子 ・横断方向：20分割 ・縦断方向：7～20分割（10m程度）
流れ計算		平面二次元不定流（水深平均した浅水流方程式）
境界条件	上流端流量 下流端水位	志段味 水位・流量観測所
流砂量計算	流砂量	掃流砂＋浮遊砂 ・掃流砂量式：芦田・道上式 ・浮遊砂量式：Lane-Kalinske の式
	河床材料	混合粒径：河床材料調査結果にもとづく 粒径河積曲線を分割（検討区間の平均値）
	給砂条件	平衡給砂量
粗度条件	粗度係数	整備計画粗度（痕跡水位での検証値）
	樹木	国勢調査 河川環境基図結果による樹木分布より設定
検討ケース		予備検討（H28.9洪水，H25.9洪水，H27.9洪水） 最小年最大流量以上の合成ハイドロ ・モデル構築：H23-H27 ・モデル予測：H28-R2

# 方法

## (3) 解析方法

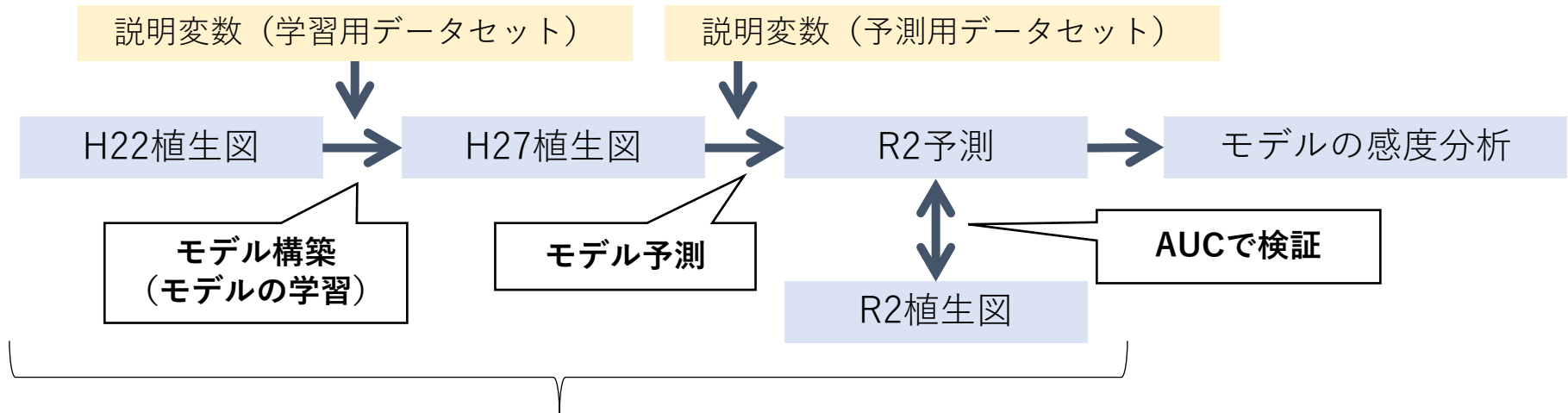


# 方法

## (3) 解析方法

樹林化予測モデル 解析概要

項目	手法・指標等
統計モデル	一般化線形モデル GLM (ロジスティック回帰分析)
アウトプット	メッシュが樹木 (ヤナギ類) となる確率
モデル選択の方法	説明変数総当たりでモデル作成の上、AIC最小のモデルを選択
適合性の評価指標	AUC (Area Under the Curve : ROC分析による曲線下面積)
使用ソフトウェア	R version 4.1.0 <a href="https://cran.r-project.org/index.html">https://cran.r-project.org/index.html</a>

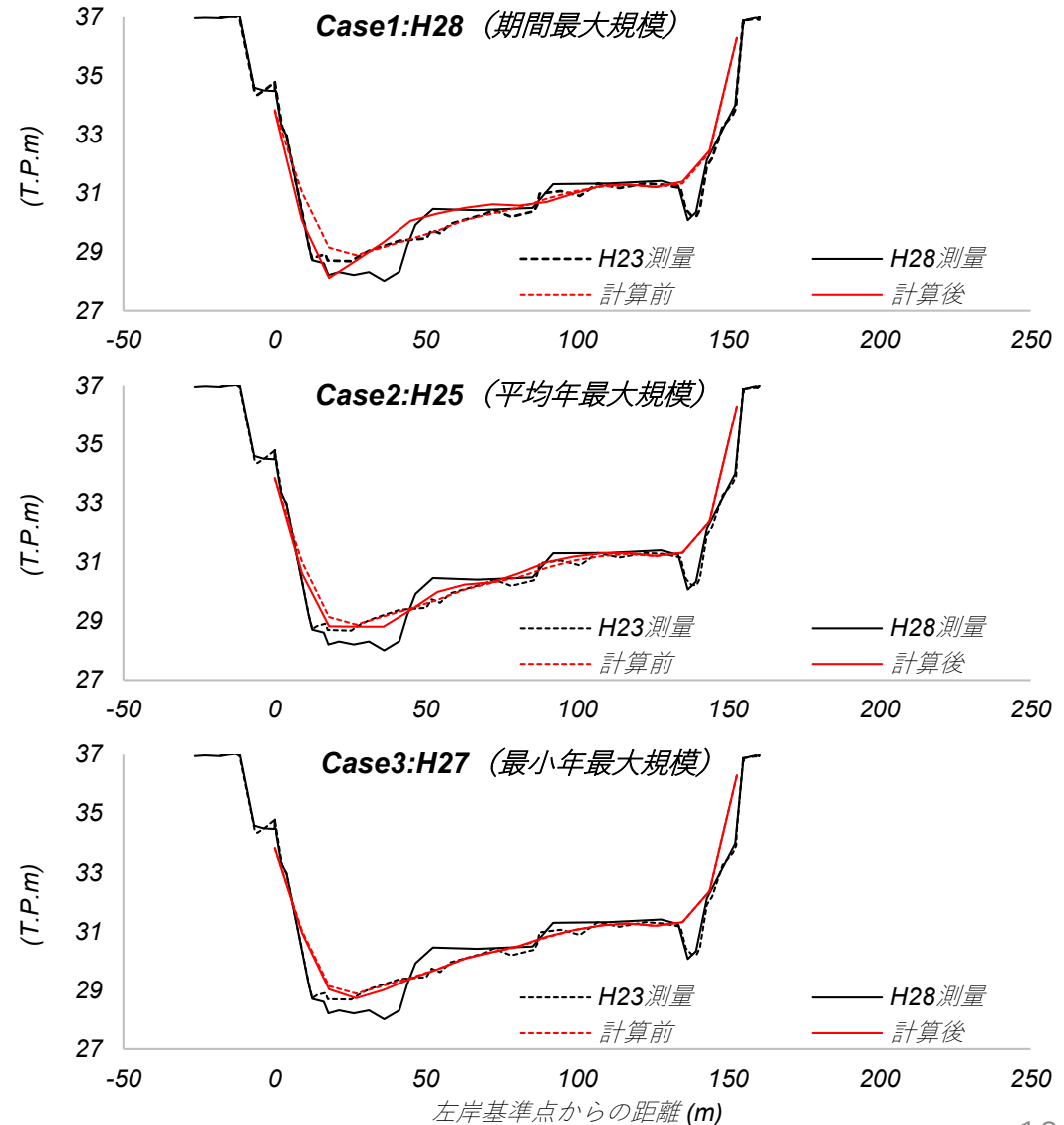


河床変動特性の考慮あり／なしの2パターンで実施

# 結果

## (1) 河床変動計算に関する予備検討

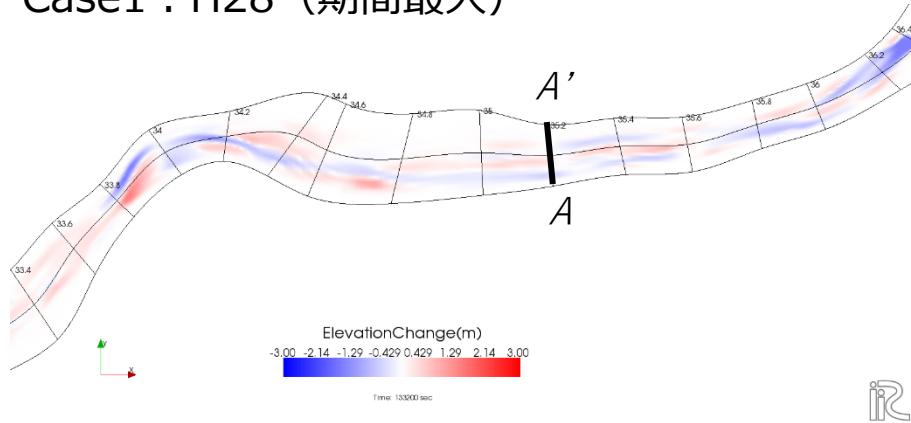
- 定期測量が実施されたH23・H28年の期間内に発生した3ケースで計算.
- Case1:期間最大, Case2では, 低水路の左岸側が侵食傾向, 水際部は堆積傾向と傾向は類似.
- Case3:最小年最大では, 地形変動高は他の2ケースに比べて小さい.
- モデルの説明変数には, 期間内に発生した最小年最大流量以上の時刻流量を抽出し, これらを合成したハイドログラフを与えた.



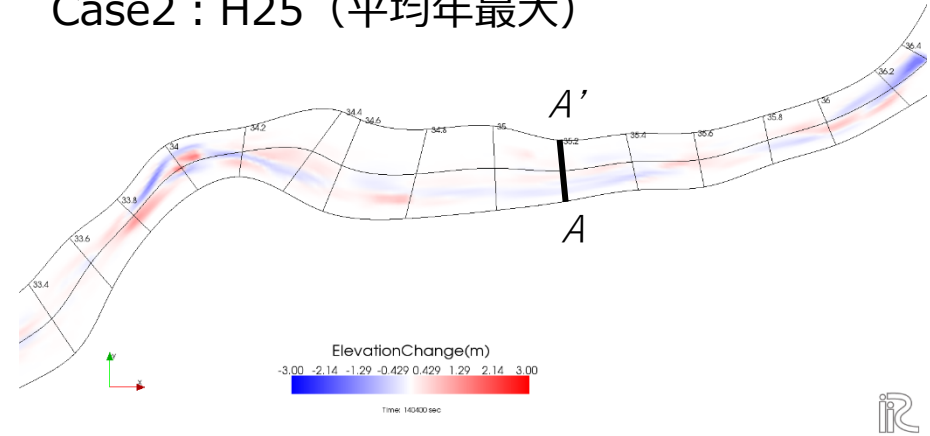
# 結果

## (1) 河床変動計算に関する予備検討

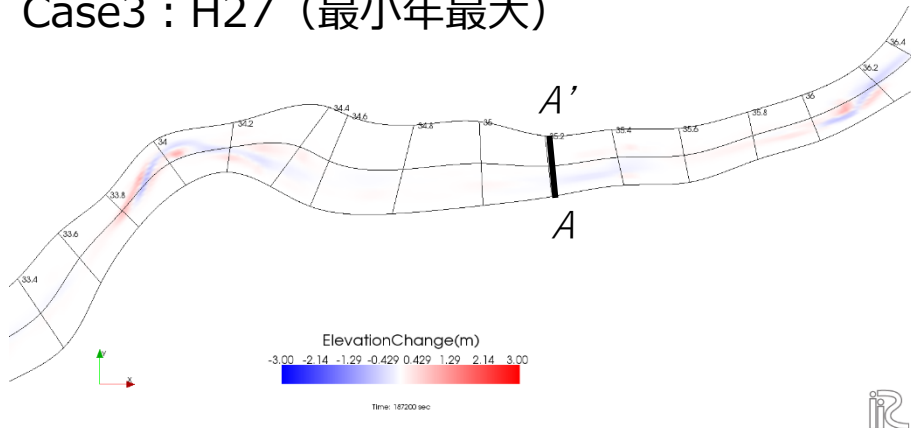
Case1 : H28 (期間最大)



Case2 : H25 (平均年最大)



Case3 : H27 (最小年最大)

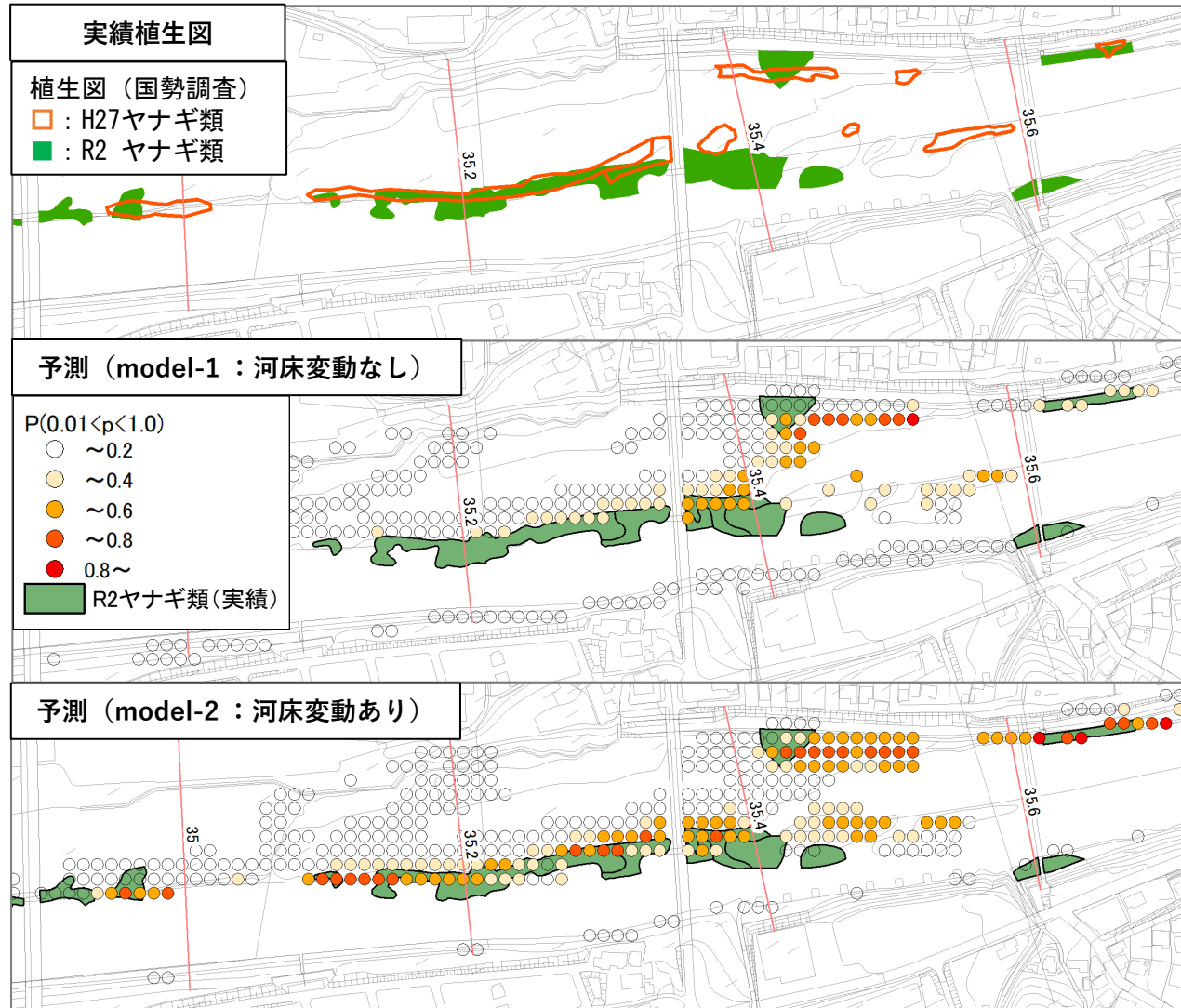


H23～28年定期測量間の年最大流量

年	発生年月	志段味ピーク流量	備考
H24 (2012)	H24.6	413m <sup>3</sup> /s	
H25 (2013)	H25.9	858m <sup>3</sup> /s	Case2:平均年最大相当
H26 (2014)	H26.3	387m <sup>3</sup> /s	
H27 (2015)	H27.9	232m <sup>3</sup> /s	Case3:期間最小
H28 (2016)	H28.9	1,770m <sup>3</sup> /s	Case1:期間最大

# 結果

## (2) モデル構築およびモデル予測



# 結果

## (2) モデル構築およびモデル予測

- いずれのモデルも、標準化偏回帰係数の絶対値（説明変数がモデルに与える相対的な重要度）は、同種群落からの距離、水面からの距離、比高の順に大きい。
- モデル予測性能（AUC）は、model-1がAUC=0.79, model-2では、堆積予測箇所ではAUC=0.83, 一方、侵食予測箇所ではAUC=0.67 ※0.7~0.9：役立つモデル

説明変数の標準化偏回帰係数

説明変数	標準化偏回帰係数	
	model-1： 河床変動なし	model-2： 河床変動あり
比高	-1.12***	-1.28***
同種群落からの距離	-2.07***	-2.06***
水面からの距離	-1.64***	-1.37***
地形変動量	-	0.69***
流速	-	-0.66***

\*\*\* : P値<0.001.. 係数がマイナスは青色着色, プラスは赤色着色

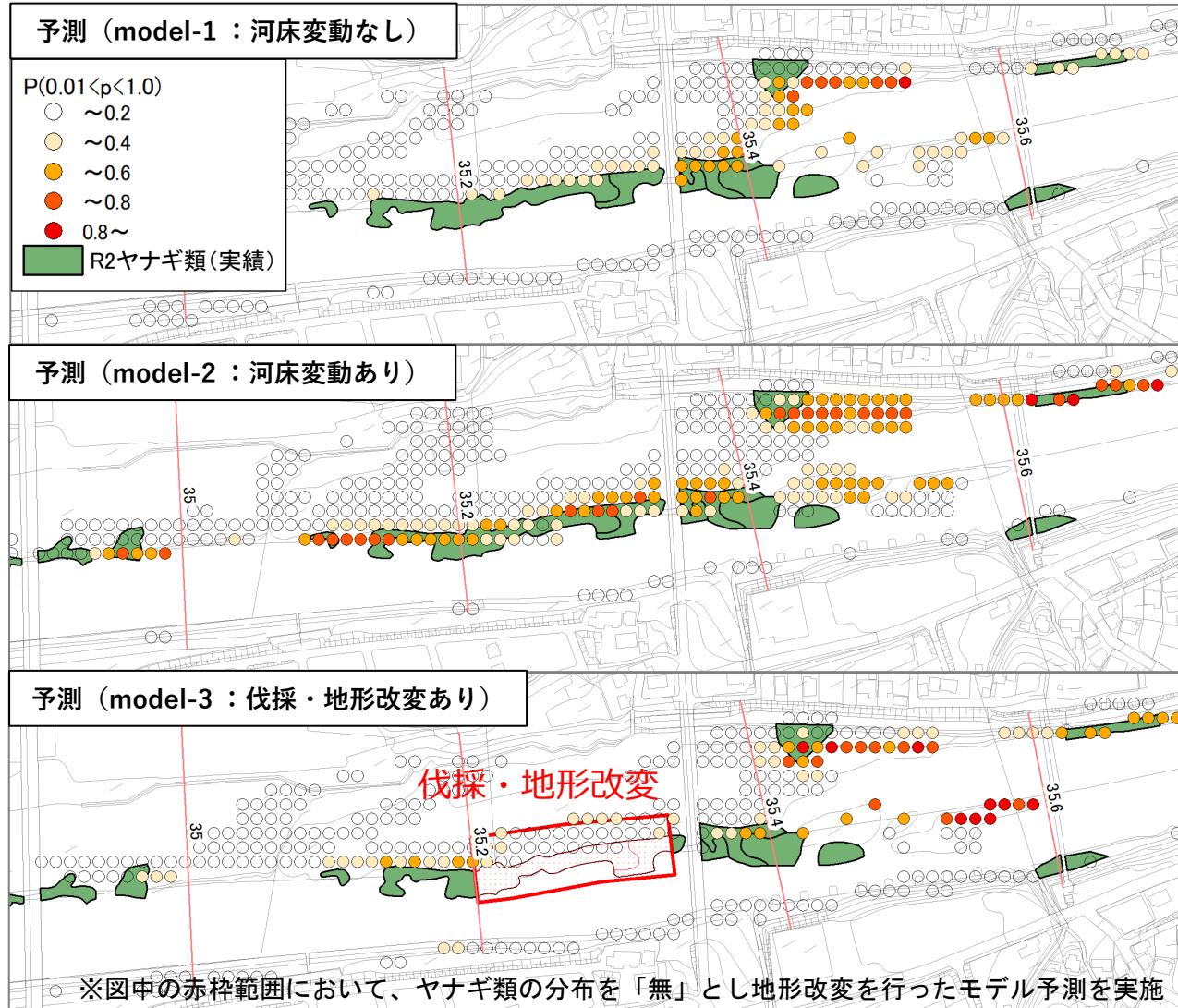
モデル構築時と予測時のAUC

モデル区分	AUC	
	モデル構築（学習）	モデル予測（評価）
model-1:河床変動なし	0.92	0.79
model-2:河床変動あり	0.93	0.83（堆積予測箇所） 0.67（侵食予測箇所）

# 結果

## (3) 地形改変による感度分析

- モデルの感度分析として、伐採・地形改変によるモデル予測を実施。
- 地形改変箇所のヤナギ類の分布確率は、いずれのメッシュでも $P=0.2$ 未満であり、model-1, model-2と比べヤナギ類の侵入確率が低い。





# 考察

## <モデル1：河床変動なし>

- 予測性能は、 $AUC = 0.79$ であり、役立つモデルが構築.
- ヤナギ類の侵入・分布の可能性は、「同種群落からの距離が近く、水面からの距離に近い低比高地」において高くなることをモデルは示しており、種子繁殖するヤナギ類の生態特性がモデルに的確に反映されていると示唆

## <モデル2：河床変動あり>

- 堆積予測箇所が $AUC = 0.83$ とmodel-1よりも高い結果。  
一方で、侵食予測箇所では $AUC = 0.67$ と低い結果.
- 洪水かく乱によって水際部の低比高地に土砂堆積が生じた場合、ヤナギ類が侵入・拡大しやすい箇所を「model-1」よりも精度良く予測できる可能性を示唆  
※既往研究による土砂動態による樹林化プロセスとも整合

## <モデル3：地形改変あり>

- model-1, model-2に比べて侵入可能性が低減.
- モデルに与える説明変数のうち、比高、近隣群落からの距離、地形変動量等が変更されたことで当該区域のヤナギ類の侵入・拡大の可能性が低減したことを示すと考えられる.

# 樹木管理への活用方策の検討

## (1) 提案したモデルの適用性

- 将来のヤナギ類の分布予測モデル、現場実務への活用が可能な予測性能.
- 比高や水面からの距離、同種群落からの距離が説明変数に選択され、比高に関する指標と植物との相関が示された既往研究を裏付ける結果.
- 河川管理者が一般的に所有するデータを活用した汎用性あるモデル開発。  
対象とする樹種、各河川の特性に応じて目的変数や説明変数を柔軟に選択・カスタムすることが可能（PDCAから順応的なモデル改良が可能）
- 河床変動予測を考慮することで、洪水かく乱による堆積予測箇所ではヤナギ類が侵入・拡大しやすい箇所をより精度よく予測できる可能性が示唆。  
ヤナギ類の侵入や再樹林化の可能性を定量評価が可能であることが示された。
- 一方、侵食箇所においては予測性能が低く、課題。  
ALB等のデータを活用し河床変動計算の精度検証を行うことで、侵食にともなう植生の消長についても予測性能の向上が期待※。

※モデル予測の不確実性にも留意。植生消長の予測は管理上リスクにつながる恐れ。

樹木分布が維持しやすい箇所、新たに侵入しやすい箇所を予測し、その結果を踏まえた管理方策に繋げていくことが実務上重要。

# 樹木管理への活用方策の検討

## (2) 樹木管理の現場への活用方策

### <将来的な流下能力への影響評価>

- 予測された5年後の樹木分布を基に、流下能力を評価する準二次元不等流計算等における樹木の計算条件（樹木の生育範囲、生長曲線を活用した樹高の増加を考慮する等）に反映.
- 現状だけでなく将来の流下能力を評価することが可能（予防保全型の管理） .

### <管理現場における重点的あるいは早期の対策>

- 予防保全とコスト縮減の考え方に基づく対策検討が可能.  
（例）樹木の侵入可能性が高く、流下能力への影響が懸念される区間では、樹林化に至る前の定期草刈りを講じるなど
- 地形改変を考慮した予測モデルについては、対策後の再堆積・再樹林化が生じにくい河道管理方策の検討や、対策毎にかかるコストを踏まえた最適案の検討等への活用も可能.

# 謝辞

---

本研究で用いた河川水辺の国勢調査結果，定期横断測量結果，航空レーザ測量成果等は，国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所より提供いただいた。

ここに記して御礼申し上げます。

**ご清聴ありがとうございました**

---